



INVESTOR IN PEOPLE

**Application No:** GB 0326910.7  
**Claims searched:** All

**Examiner:** M C Monk  
**Date of search:** 5 March 2004

## Patents Act 1977 : Search Report under Section 17

### Documents considered to be relevant:

Category	Relevant to claims	Identity of document and passage or figure of particular relevance
A		WO 03012803 A ALBERT HOFMANN; KARLSRUHE FORSCHZENT Consider especially the arrangement shown in Fig.1.

### Categories:

X	Document indicating lack of novelty or inventive step	A	Document indicating technological background and/or state of the art.
Y	Document indicating lack of inventive step if combined with one or more other documents of same category.	P	Document published on or after the declared priority date but before the filing date of this invention.
&	Member of the same patent family	E	Patent document published on or after, but with priority date earlier than, the filing date of this application.

### Field of Search:

Search of GB, EP, WO & US patent documents classified in the following areas of the UKC<sup>w</sup>:

F4H

Worldwide search of patent documents classified in the following areas of the IPC<sup>7</sup>:

F17C; F25B; F25D; H01F

The following online and other databases have been used in the preparation of this search report :

ONLINE DATABASES: WPI, EPODOC, JAPIO

THIS PAGE BLANK (USPTO)



INVESTOR IN PEOPLE

Your ref: 2002P18965 GB01/P72 CF/GD  
Application No: GB 0326910.7  
Applicant: OXFORD MAGNET TECHNOLOGY LTD

Examiner: M C Monk  
Tel: 01633 814868  
Date of report: 5 March 2004

Latest date for reply: 22 November 2004

Page 1/1

## **Patents Act 1977 Combined Search and Examination Report under Sections 17 & 18(3)**

### **General observations**

1. The term 'neck', as in 'neck tube', mentioned throughout the specification, but especially as used in claims 1 & 2, is not clear and should be clarified in order to help distinguish the present invention from any prior art.
2. The references in the independent claims 1 & 2 to 'highly conductive thermal links', and more especially the relative term 'highly', will have to be clarified to set forth clearly the precise scope of the present invention. Preferably some form of definition explaining fully the wording should be included in the specification.
3. The reference in claims 1 & 17 to 'reduced in size', also being relative in nature, obscures the scope of the respective claims. Amendment is accordingly necessary in this respect.
4. The use of reference numerals in the claims may, in certain circumstances, lead to a range of interpretations and should preferably be avoided.
5. Consequential amendments will also be necessary to the description in the above respects.

THIS PAGE BLANK (USPTO,

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES  
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum  
Internationales Büro



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum  
13. Februar 2003 (13.02.2003)

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer  
**WO 03/012803 A3**

PCT

(51) Internationale Patentklassifikation<sup>7</sup>: **H01F 6/04**,  
F25B 9/14, F17C 3/08, 13/00

(72) Erfinder; und

(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): **HOFMANN, Albert**  
[DE/DE]; Auf dem Katzenberg 6, 76229 Karlsruhe (DE).

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP02/07406

(22) Internationales Anmeldedatum:  
4. Juli 2002 (04.07.2002)

(74) Gemeinsamer Vertreter: **FORSCHUNGSZENTRUM  
KARLSRUHE GMBH**; Stabsabteilung Marketing,  
Patente und Lizenzen, Postfach 3640, 76021 Karlsruhe  
(DE).

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:  
101 37 552.2 1. August 2001 (01.08.2001) DE

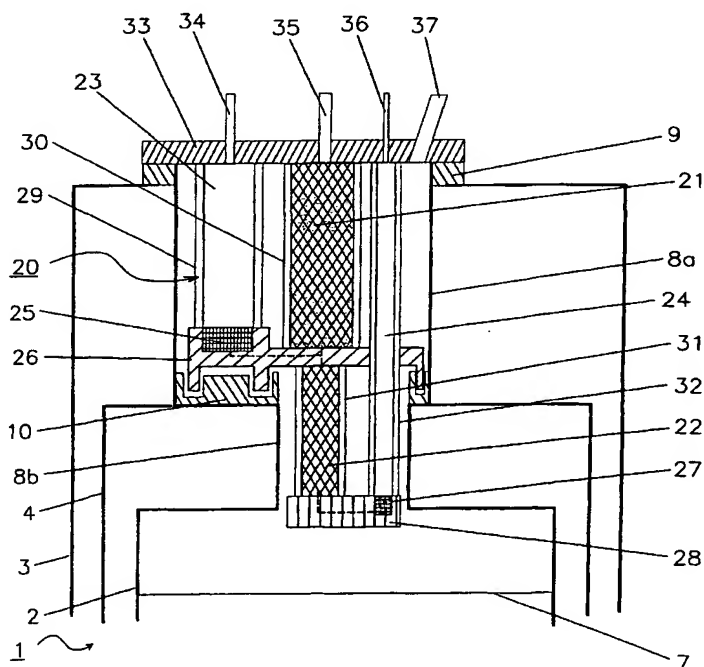
(81) Bestimmungsstaaten (national): AE, AG, AL, AM, AT,  
AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR,  
CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, ES, FI, GB, GD, GE,  
GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KP, KR,  
KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK,  
MN, MW, MX, MZ, NO, NZ, OM, PH, PL, PT, RO, RU,  
SD, SE, SG, SI, SK, SL, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG,  
US, UZ, VN, YU, ZA, ZM, ZW.

(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme  
von US): **FORSCHUNGSZENTRUM KARLSRUHE  
GMBH** [DE/DE]; Weberstr. 5, 76133 Karlsruhe (DE).

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: DEVICE FOR THE RECONDENSATION BY MEANS OF A CRYOGENERATOR OF LOW-BOILING GASES OF  
THE GAS EVAPORATING FROM A LIQUID GAS CONTAINER

(54) Bezeichnung: EINRICHTUNG ZUR REKONDENSATION VON TIEFSIEDENDEN GASEN MIT EINEM KRYOGENE-  
RATOR DES AUS EINEM FLÜSSIGGAS-BEHÄLTER VERDAMPFENDEN GASES



short distances in a linear manner.

(57) Abstract: The invention relates to a device for the recondensation by means of a cryogenerator of low-boiling gases of the gas evaporating from a liquid gas container. The inventive device comprises one or at least two continuous cooling stages, the so-called cold top. Every stage is a pulse tube cooler whose heat transfer between the regenerator and the pertaining pulse tube is embedded in an exposed cold surface. The entire cold top is flanged only on the outer recipient of the device and projects into the interior in the neck tube of the device. The last cold surface of the cold top is located at the end of the neck tube and is exposed in the vapor room above the liquid gas cold bath. The other cold surfaces are opposite a heat transfer ring mounted on the neck tube. The respective opposite front faces engage with each other without contacting each other in any place while forming a gap so that a free passage is guaranteed from the vapor room via the liquid gas bath to the flange of the cold top in the neck tube. The two components regenerator, pulse tube of every pulsed tube cooling stage are covered with a heat shield that can be a poorly thermoconductive covering only resting thereon or an annular vacuum chamber whose outer wall contacts the sheathing component only in certain positions or only across

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

WO 03/012803 A3



(84) **Bestimmungsstaaten (regional):** ARIPO-Patent (GH, GM, KE, LS, MW, MZ, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches Patent (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), europäisches Patent (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE, SK, TR), OAPI-Patent (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

(88) **Veröffentlichungsdatum des internationalen  
Recherchenberichts:**

18. September 2003

*Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes und der anderen Abkürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on Codes and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe der PCT-Gazette verwiesen.*

**Veröffentlicht:**

— mit internationalem Recherchenbericht

(57) **Zusammenfassung:** Die Einrichtung zur Rekondensation von tiefsiedenden Gasen mit einem Kryogenerator des aus einem Flüssiggas-Behälter verdampfenden Gases besteht aus einer oder mindestens zwei zusammenhängenden Kühlstufen, dem Kaltkopf. Jede Stufe ist ein Pulsrohrkühler, deren Wärmeübertrager zwischen dem Regenerator und zugehörigem Pulsrohr in eine exponierte Kaltfläche eingebettet ist. Der gesamte Kaltkopf ist nur am Aussengefäß der Einrichtung angeflanscht und ragt im Halsrohr der Einrichtung ins Innere hinein. Die letzte Kaltfläche des Kaltkopfes sitzt am Ende des Halsrohr und ist im Dampfraum über dem Flüssiggas-Kältebad exponiert. Die andern Kaltflächen stehen jeweils einem am Halsrohr angebrachten Wärmeübertragungsring gegenüber. Die jeweils einander gegenüberstehenden beiden Stirnflächen greifen, ohne sich je an einer Stelle zu berühren, unter schmaler Spaltbildung ineinander, so dass vom Dampfraum über dem Flüssiggas-Bad bis zum Flansch des Kaltkopfes im Halsrohr stets ein freier Durchgang besteht. Die beiden Komponenten: Regenerator, Pulsrohr, jeder Pulsrohr-Kühlerstufe sind jeweils mit einem Wärmeschild ummantelt, das einerseits ein aufliegender, schlecht wärmeleitender Belag oder andererseits eine ringförmige Vakuumkammer darum herum sein kann, deren Aussenwand die ummantelnde Komponente nur punktförmig oder allenfalls über kurze Strecken linienförmig berührt.

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No.

PCT/EP 02/07406

## A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

IPC 7 H01F6/04 F25B9/14 F17C3/08 F17C13/00

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

## B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

IPC 7 H01F F25B F17C F16L

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

EP0-Internal

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	US 4 223 540 A (LONGSWORTH RALPH C) 23 September 1980 (1980-09-23) figures 1,3 column 1, line 6-16 column 3, line 27-30 column 3, line 67 -column 4, line 13 column 4, line 37-44 column 6, line 39 -column 7, line 21 ---	1-9
Y	EP 0 905 524 A (OXFORD MAGNET TECH) 31 March 1999 (1999-03-31) column 1, line 23-28 column 2, line 6-14 column 4, line 6-9 column 7, line 16 -column 8, line 10 figures 1,3,5-7 --- -/--	1-9

☒ Further documents are listed in the continuation of box C.☒ Patent family members are listed in annex.

## \* Special categories of cited documents:

- \*A\* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- \*E\* earlier document but published on or after the international filing date
- \*L\* document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- \*O\* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- \*P\* document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

- \*T\* later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
- \*X\* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
- \*Y\* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.
- \* & \* document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

13 January 2003

Date of mailing of the international search report

05/02/2003

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Reder, M

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No.

PCT/EP 02/07406

## C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	US 5 584 184 A (INAGUCHI TAKASHI ET AL) 17 December 1996 (1996-12-17) figures 9,11,19,22,24 column 15, line 1-28 column 19, line 57 -column 20, line 24 column 20, line 43-58 column 21, line 18-23	1-9
A	WANG C: "Helium liquefaction with a 4 K pulse tube cryocooler" CRYOGENICS, IPC SCIENCE AND TECHNOLOGY PRESS LTD. GUILDFORD, GB, vol. 41, no. 7, July 2001 (2001-07), pages 491-496, XP004307313 ISSN: 0011-2275 page 494, left-hand column, line 43 -right-hand column, line 19 figures 1,5,6	1
A	POPESCU G ET AL: "A critical review of pulse tube cryogenerator research" INTERNATIONAL JOURNAL OF REFRIGERATION, OXFORD, GB, vol. 24, no. 3, May 2001 (2001-05), pages 230-237, XP004287430 ISSN: 0140-7007 the whole document	1
Y	US 3 179 549 A (BUNDY FRANCIS P ET AL) 20 April 1965 (1965-04-20) column 3, line 46-59 column 6, line 5-18 figures 1,3	2-9
Y	US 3 670 772 A (ZIEMEK GERHARD ET AL) 20 June 1972 (1972-06-20) abstract column 2, line 15-38	3-5
Y	US 4 046 407 A (PORRECO TOM) 6 September 1977 (1977-09-06) column 5, line 50-58; figure 6	5
Y	US 4 570 678 A (ZIEMEK GERHARD ET AL) 18 February 1986 (1986-02-18) claims 1,4	5,7,9



# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No

PCT/EP 02/07406

Patent document cited in search report		Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 4223540	A	23-09-1980	DE 3067731 D1 EP 0015728 A1 US 4279127 A	14-06-1984 17-09-1980 21-07-1981
EP 0905524	A	31-03-1999	GB 2330194 A EP 0905524 A1 JP 11151225 A US 6490871 B1	14-04-1999 31-03-1999 08-06-1999 10-12-2002
US 5584184	A	17-12-1996	JP 7283022 A US 5638685 A	27-10-1995 17-06-1997
US 3179549	A	20-04-1965	NONE	
US 3670772	A	20-06-1972	DE 1951659 A1 AT 323268 B CA 936463 A1 FR 2060442 A6 GB 1269175 A	29-04-1971 10-07-1975 06-11-1973 18-06-1971 06-04-1972
US 4046407	A	06-09-1977	NONE	
US 4570678	A	18-02-1986	DE 3314884 A1 JP 1788004 C JP 4074600 B JP 59200896 A	25-10-1984 10-09-1993 26-11-1992 14-11-1984

## A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES

IPK 7 H01F6/04 F25B9/14 F17C3/08 F17C13/00

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK

## B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)

IPK 7 H01F F25B F17C F16L

Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

EPO-Internal

## C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
Y	US 4 223 540 A (LONGSWORTH RALPH C) 23. September 1980 (1980-09-23) Abbildungen 1,3 Spalte 1, Zeile 6-16 Spalte 3, Zeile 27-30 Spalte 3, Zeile 67 -Spalte 4, Zeile 13 Spalte 4, Zeile 37-44 Spalte 6, Zeile 39 -Spalte 7, Zeile 21 ---	1-9
Y	EP 0 905 524 A (OXFORD MAGNET TECH) 31. März 1999 (1999-03-31) Spalte 1, Zeile 23-28 Spalte 2, Zeile 6-14 Spalte 4, Zeile 6-9 Spalte 7, Zeile 16 -Spalte 8, Zeile 10 Abbildungen 1,3,5-7 --- -/-	1-9

☒ Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen☒ Siehe Anhang Patentfamilie

\* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

\*A\* Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist

\*E\* älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist

\*L\* Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)

\*O\* Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht

\*P\* Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

\*T\* Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

\*X\* Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden

\*Y\* Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

\*Z\* Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

13. Januar 2003

Absendedatum des internationalen Recherchenberichts

05/02/2003

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde  
 Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2  
 NL - 2280 HV Rijswijk  
 Tel (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
 Fax: (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Reder, M

C.(Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
Y	US 5 584 184 A (INAGUCHI TAKASHI ET AL) 17. Dezember 1996 (1996-12-17) Abbildungen 9,11,19,22,24 Spalte 15, Zeile 1-28 Spalte 19, Zeile 57 -Spalte 20, Zeile 24 Spalte 20, Zeile 43-58 Spalte 21, Zeile 18-23 ----	1-9
A	WANG C: "Helium liquefaction with a 4 K pulse tube cryocooler" CRYOGENICS, IPC SCIENCE AND TECHNOLOGY PRESS LTD. GUILDFORD, GB, Bd. 41, Nr. 7, Juli 2001 (2001-07), Seiten 491-496, XP004307313 ISSN: 0011-2275 Seite 494, linke Spalte, Zeile 43 -rechte Spalte, Zeile 19 Abbildungen 1,5,6 ----	1
A	POPESCU G ET AL: "A critical review of pulse tube cryogenerator research" INTERNATIONAL JOURNAL OF REFRIGERATION, OXFORD, GB, Bd. 24, Nr. 3, Mai 2001 (2001-05), Seiten 230-237, XP004287430 ISSN: 0140-7007 das ganze Dokument ----	1
Y	US 3 179 549 A (BUNDY FRANCIS P ET AL) 20. April 1965 (1965-04-20) Spalte 3, Zeile 46-59 Spalte 6, Zeile 5-18 Abbildungen 1,3 ----	2-9
Y	US 3 670 772 A (ZIEMEK GERHARD ET AL) 20. Juni 1972 (1972-06-20) Zusammenfassung Spalte 2, Zeile 15-38 ----	3-5
Y	US 4 046 407 A (PORRECO TOM) 6. September 1977 (1977-09-06) Spalte 5, Zeile 50-58; Abbildung 6 ----	5
Y	US 4 570 678 A (ZIEMEK GERHARD ET AL) 18. Februar 1986 (1986-02-18) Ansprüche 1,4 -----	5,7,9

# INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP 02/07406

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument		Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
US 4223540	A	23-09-1980	DE 3067731 D1 EP 0015728 A1 US 4279127 A	14-06-1984 17-09-1980 21-07-1981
EP 0905524	A	31-03-1999	GB 2330194 A EP 0905524 A1 JP 11151225 A US 6490871 B1	14-04-1999 31-03-1999 08-06-1999 10-12-2002
US 5584184	A	17-12-1996	JP 7283022 A US 5638685 A	27-10-1995 17-06-1997
US 3179549	A	20-04-1965	KEINE	
US 3670772	A	20-06-1972	DE 1951659 A1 AT 323268 B CA 936463 A1 FR 2060442 A6 GB 1269175 A	29-04-1971 10-07-1975 06-11-1973 18-06-1971 06-04-1972
US 4046407	A	06-09-1977	KEINE	
US 4570678	A	18-02-1986	DE 3314884 A1 JP 1788004 C JP 4074600 B JP 59200896 A	25-10-1984 10-09-1993 26-11-1992 14-11-1984

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES  
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum  
Internationales Büro



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum  
13. Februar 2003 (13.02.2003)

PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer  
**WO 03/012803 A2**

- (51) Internationale Patentklassifikation<sup>7</sup>: **H01F 6/04** (74) **Gemeinsamer Vertreter: FORSCHUNGSZENTRUM KARLSRUHE GMBH**; Stabsabteilung Marketing, Patente und Lizenzen, Postfach 3640, 76021 Karlsruhe (DE).
- (21) Internationales Aktenzeichen: **PCT/EP02/07406**
- (22) Internationales Anmeldedatum:  
4. Juli 2002 (04.07.2002) (81) **Bestimmungsstaaten (national)**: AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NO, NZ, OM, PH, PL, PT, RO, RU, SD, SE, SG, SI, SK, SL, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VN, YU, ZA, ZM, ZW.
- (25) Einreichungssprache: **Deutsch**
- (26) Veröffentlichungssprache: **Deutsch**
- (30) Angaben zur Priorität:  
101 37 552.2 1. August 2001 (01.08.2001) **DE**
- (71) **Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von US): FORSCHUNGSZENTRUM KARLSRUHE GMBH [DE/DE]**; Weberstr. 5, 76133 Karlsruhe (DE).
- (84) **Bestimmungsstaaten (regional)**: ARIPO-Patent (GH, GM, KE, LS, MW, MZ, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches Patent (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), europäisches Patent (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE, SK, TR), OAPI-Patent (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).
- (72) **Erfinder; und**
- (75) **Erfinder/Anmelder (nur für US): HOFMANN, Albert [DE/DE]**; Auf dem Katzenberg 6, 76229 Karlsruhe (DE).

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) **Title**: DEVICE FOR THE RECONDENSATION BY MEANS OF A CRYOGENERATOR OF LOW-BOILING GASES OF THE GAS EVAPORATING FROM A LIQUID GAS CONTAINER

(54) **Bezeichnung**: EINRICHTUNG ZUR REKONDENSATION VON TIEFSIEDENDEN GASEN MIT EINEM KRYOGENERATOR DES AUS EINEM FLÜSSIGGAS-BEHÄLTER VERDAMPFENDEN GASES

(57) **Abstract**: The invention relates to a device for the recondensation by means of a cryogenerator of low-boiling gases of the gas evaporating from a liquid gas container. The inventive device comprises one or at least two continuous cooling stages, the so-called cold top. Every stage is a pulse tube cooler whose heat transfer between the regenerator and the pertaining pulse tube is embedded in an exposed cold surface. The entire cold top is flanged only on the outer recipient of the device and projects into the interior in the neck tube of the device. The last cold surface of the cold top is located at the end of the neck tube and is exposed in the vapor room above the liquid gas cold bath. The other cold surfaces are opposite a heat transfer ring mounted on the neck tube. The respective opposite front faces engage with each other without contacting each other in any place while forming a gap so that a free passage is guaranteed from the vapor room via the liquid gas bath to the flange of the cold top in the neck tube. The two components regenerator, pulse tube of every pulsed tube cooling stage are covered with a heat shield that can be a poorly thermoconductive covering only resting thereon or an annular vacuum chamber whose outer wall contacts the sheathing component only in certain positions or only across short distances in a linear manner.

(57) **Zusammenfassung**: Die Einrichtung zur Rekondensation von tiefsiedenden Gasen mit einem Kryogenerator des aus einem Flüssiggas-Behälter verdampfenden Gases besteht aus einer oder mindestens zwei zusammenhängenden Kühlstufen, dem Kaltkopf. Jede Stufe ist ein Pulsrohrkühler, deren Wärmeübertrager zwischen dem Regenerator und zugehörigem Pulsrohr in eine exponierte Kaltfläche eingebettet ist. Der gesamte Kaltkopf ist nur am Aussengefäß der Einrichtung angeflanscht und ragt im Halsrohr der Einrichtung ins Innere hinein. Die letzte Kaltfläche des Kaltkopfes sitzt am Ende des Halsrohr und ist im Dampfraum über dem Flüssiggas-Kältebad exponiert. Die andern Kaltflächen stehen jeweils einem am Halsrohr angebrachten Wärmeübertragungsring gegenüber. Die jeweils einander gegenüberstehenden beiden Stirnflächen greifen, ohne sich je an einer Stelle zu berühren, unter schmaler Spaltbildung ineinander, so dass vom Dampfraum über dem Flüssiggas-Bad bis zum Flansch des Kaltkopfes im Halsrohr stets ein freier Durchgang besteht. Die beiden Komponenten: Regenerator, Pulsrohr, jeder Pulsrohr-Kühlerstufe sind jeweils mit einem Wärmeschild ummantelt, das einerseits ein aufliegender, schlecht wärmeleitender Belag oder andererseits eine ringförmige Vakuumkammer darum herum sein kann, deren Aussenwand die ummantelnde Komponente nur punktförmig oder allenfalls über kurze Strecken linienförmig berührt.

WO 03/012803 A2



**Veröffentlicht:**

— ohne internationalen Recherchenbericht und erneut zu veröffentlichen nach Erhalt des Berichts

*Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes und der anderen Abkürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on Codes and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe der PCT-Gazette verwiesen.*

**Einrichtung zur Rekondensation von tiefsiedenden Gasen mit einem Kryogenerator des aus einem Flüssiggas-Behälter verdampfenden Gases**

Die Erfindung betrifft eine Einrichtung zur Rekondensation von tiefsiedenden Gasen des aus einem Flüssiggas-Behälter verdampfenden Gases mit einem Kryogenerator. Mit ihr wird beispielsweise einen supraleitender Magnet, der durch Eintauchen in flüssiges Helium als Flüssiggas gekühlt wird, kontinuierlich mit einer an das System angekoppelten Kleinkälteanlage, einem sogenannten Kryokühler, betrieben. Entsprechend bei einem supraleitenden Magneten aus hochtemperatursupraleitendem Material, der entsprechend durch Eintauchen in flüssigen Stickstoff gekühlt wird.

Der derzeitige Stand der Technik wird kurz (siehe auch Figur 4) erläutert:

Der gesamte Kryobehälter 1 besteht aus einem Innenbehälter 2, der bis zu einem Niveau 7 mit dem tiefsiedenden Flüssiggas, z. B. flüssiges Helium, gefüllt ist. Die supraleitende Einrichtung, typischerweise eine Magnetspule 5 mit den Stromzuführungen 6a und 6b, ist in das Flüssiggas eingetaucht. Das aufgrund der dem Behälter 2 zugeführten Wärme verdampfende Helium wird über ein verengtes Halsrohr 8 zur Umgebung beziehungsweise zu einem Sammelbehälter abgeführt. Zur Verringerung des Wärmeeinfalls ist der Heliumbehälter 2 von einer Hülle 3 umgeben. Zur weiteren Verringerung des Wärmeeinfalls ist in dem zwischen beiden Behältern befindlichen Vakuumraum ein Strahlungsschirm 4 angebracht, der über einen an dem Halsrohr 8 angebrachten Kontaktierungsring 10 von dem Helium-Abgas gekühlt wird. Das Halsrohr 8 sollte einerseits zur Verringerung des Wärmeeinfalls möglichst eng sein, andererseits muss es aber einen hinreichenden Querschnitt haben, um bei nicht dem auszuschließen dem Fall, dass der Magnet plötzlich normalleitend wird, das

zusätzlich verdampfende Gas ohne unzulässig hohen Druckanstieg in dem Behältnis 2 entweichen zu lassen.

Wenn der Heliumstand unter einen bestimmte Höhe abgefallen ist, muss er aus einem Transportbehälter nachgefüllt werden. Dies ist mit beträchtlichem Aufwand verbunden.

Mittlerweile gibt es kleine Kälteanlagen, mit denen das aus dem Heliumbad abdampfende Helium direkt in dem kalten Behälter wieder verflüssigt werden kann, und die in zwei- oder mehrstufiger Ausführung zusätzliche Kälteleistung zur Kühlung von Strahlungsschirmen bereitstellen. Die wichtigsten Ausführungsformen solcher Kryogeneratoren sind zur Zeit der Pulsrohrkühler und der Gifford-McMahon-Kühler.

Eine solche Kryoanlage soll, soweit das bei solchen Tieftemperaturkühlanlagen geht, einfach in ihrer Handhabung sein, unkompliziert betrieben und unkompliziert gewartet werden können. Das bei solchen Anlagen, deren Kühlaggregate Pulsrohrkühler insbesondere Gifford-McMahon-Kühler sind, bei denen der Dampf tiefsiedender Gase rückverflüssigt wird. Als tiefsiedende Gase werden hier betrachtet: Helium, He, Wasserstoff,  $H_2$ , Neon, Ne; Stickstoff,  $N_2$ , die auch in der Supraleitertechnik als Kühlmittel verwendet werden.

Eine solche Einrichtung ist gemäß den Merkmalen des Anspruchs 1 aufgebaut und besteht in der einfachsten Ausführung aus der Kühleinrichtung, dem sogenannten Kaltkopf. Dieser Kaltkopf ragt, außen an der Einrichtung angeflanscht, in dem Rohr 8, dem Halsrohr 8, bis zum Gefäße 3 für das Flüssiggas. Dort ist die Kaltfläche 26 über dem Flüssigkeitsspiegel 7 des Flüssiggases exponiert. Diese gesamte einstufige Kühleinrichtung ist konstruktiv so gestaltet und eingebaut, dass sie, ohne das zu versorgende Flüssiggas-Bad aufzuwärmen, ein- und ausgebaut werden kann. Der Kaltkopf besteht aus dem Regenerator 21 und



dem Pulsrohr 23 mit dazwischen liegendem Wärmeübertrager 25. Der Wärmeübertrager 25 ist in die Kaltfläche 26 eingebettet, die zu dem Flüssiggas-Bad hin exponiert ist.

Die Komponenten: Regenerator (21), Pulsrohr (23) sind mit je einem thermisch isolierenden Mantel/Hitzeschild (20, 30, 31, 32) ummantelt sind, um thermische Kopplungen nach außen zu unterbinden oder für den Prozess in zulässigen Schranken zu halten.

Die erweiterte, in ihrem Aufbau vielfach ausgebildete Kühleinrichtung, der Kaltkopf, ist eine mindestens zweistufige Kühleinrichtung, die ebenso in das Halsrohr 8 ragt und mit ihrer letzten Kaltfläche 28 über dem Flüssiggas-Bad endet. Auch dieser mehrstufige Kaltkopf kann ein- und ausgebaut werden, ohne das zu versorgende Flüssiggas-Bad aufzuwärmen. Jede Stufe des Kaltkopfes besteht aus einem Regenerator 21 bzw. 22 und einem Pulsrohr 23 bzw. 24 mit dazwischen liegendem Wärmeübertrager 25 bzw. 27, und jeder Wärmeübertrager ist in je eine Kaltfläche 26 bzw. 28 gefasst. Der Kaltfläche 28 der von außen her betrachteten letzten Stufe ragt mit ihrer exponierten Fläche alleine in den kalten Dampfraum des Flüssiggas-Behälters 2. Die Komponenten: Regenerator 21 bzw. 22, Pulsrohr 23 bzw. 24 der jeweiligen Stufe sind wie in der einstufigen Ausführung mit je einem thermisch isolierenden Mantel/Hitzeschild 20, 30, 31, 32 ummantelt. Sämtliche Kaltflächen 26 außer der letzten stehen in Richtung der folgenden Stufe koaxial je einem Wärmeübertragungsring 10 gegenüber, der an der entsprechenden Stelle im Halsrohr 8 gut wärmeleitend angebracht ist. Die jeweilige Kaltfläche 26 greift, axial beweglich, unter schmaler Spaltbildung um den Umfang, idealerweise äquidistanter, in den zugeordneten Wärmeübertragungsring 10, ohne diesen an irgend einer Stelle zu berühren. Dadurch besteht stets ein gasdurchgängiger Kanal vom Dampfraum über dem Flüssiggas-Bad bis zum Flansch des Kaltkopfes. Die mehrstufige, in das Halsrohr 8 ra-

gende Kühleinrichtung, die an einem Flanschdeckel 33 anmontiert, der mit einem Anschlussflansch 9 der Gefäßwand 3 verschraubt ist, kann sich axial aufgrund zulässiger thermischer Einwirkung dehnen ohne anzustoßen.

In den Unteransprüchen sind Maßnahmen spezifiziert, die den Betrieb der Einrichtung von Fall zu Fall erleichtern.

Anspruch 2 beschreibt, dass der/das jeweilige thermisch isolierende Mantel/Hitzeschild 20, 30, 31, 32 lediglich aus einer auf der zugeordneten Komponente die Wärme schlecht leitenden Schicht besteht, die für den Anwendungsfall eine axiale und radiale Wärmeleitung nicht, allenfalls tolerierbar zulässt.

Anspruch 3 beschreibt das Prinzip der thermischen Isolierung mit Hilfe einer von Stirn zu Stirn der Ummantelung durchgehenden Vakuumkammer. Hierzu ist die jeweilige Komponente von einem schlecht die Wärme leitenden, dünnwandigen zylindrischen Rohr ummantelt, das durch Formung oder Stützmaßnahmen auf seiner Fläche so steif bleibt, dass der Außendruck - üblicherweise Umgebungsdruck, in Fehlerfällen wie sprunghafter Übergang der eingetauchten Spule vom supraleitenden in den normalleitenden Zustand, Überdruck - dieselbe nicht oder zumindest nicht großflächig an die Wand der ummantelten drücken kann. Das ist oder sind nach Anspruch 4 ebenfalls eine schlecht wärmeleitende Stützeinrichtung oder Stützeinrichtungen, die die Außenwand der gebildeten Vakuumkammer steif halten. Oder es ist nach Anspruch 5 eine helixförmig um die Komponente von oben bis unten oder umgekehrt gewundene Schnur. An Stelle einer solchen durchgehenden Schnur können das nach Anspruch 6 auch um den Umfang liegende, sich nicht berührende Schnurstücke sein. Andere, aus der Kälteisolationstechnik bekannte technische Maßnahmen sind, soweit anwendbar ebenfalls einsetzbar.

Eine andere wirkungsvolle Art der Vakuummkammerbildung ist in Anspruch 7 gekennzeichnet: Die Außenwand der Vakuummkammer ist da ein dünnwandiges Wellrohr, dessen kleine lichte Weite geringfügig größer ist als die zu umgebende Komponente, so dass es zu punktartigen, lokal allenfalls kurzen linienförmigen Berührungen mit der Außenwand der Komponente kommt oder kommen kann. Diese Art Kammerbildung kann auch durch ein dünnwandiges, mit Sicken oder linienförmigen Verstärkungen versehenes Rohr eingerichtet werden, das punktartig oder allenfalls über eine kurze Strecke linienförmig anliegen kann.

Wie in Anspruch 7 zunächst gekennzeichnet, besteht in Anspruch 8 die äußere Wand der Vakuummkammer der ebenfalls aus dem dünnwandigen Wellrohr, dessen kleine lichte Weite ebenfalls geringfügig größer ist als die umgebende Komponente. Dieses Wellrohr wird jedoch über schlecht wärmeleitende, helikal oder axial auf der äußeren Mantelwand der Komponente angebrachte Stabelemente zu dieser auf Distanz gehalten (Anspruch 9).

Für eine hindernisarme Gasströmung insbesondere im Fehlerfall besteht in jeder Kaltfläche 26 mindestens eine Bohrung 37a, im Falle von mindestens zwei bestehen solche um den Umfang gleichverteilte Bohrungen 37a (Anspruch 10).

Anhand der Zeichnung und im Zusammenhang mit der Beschreibung werden weiter unten die Vorteile der Erfindung als Schlussfolgerung aus den getroffenen Maßnahmen noch hervorgehoben. Die Zeichnung besteht aus den Figuren 1 bis 4, sie zeigen im einzelnen:

Figur 1 den Aufbau mit zwei Pulsrohr-Kühlern,

Figur 2a die helikale Schnurwindung zur Distanzaufrechterhaltung,

Figur 2b den Wellschlauch als Vakuumaußenwand,

Figur 3 Einrichtung mit zwei McMahon-Kühlern,

Figur 4 die prinzipielle Bauweise des Kryostaten.

Abb. 2 zeigt den schematischen Aufbau des Kaltkopfs des zweistufigen Pulsrohrkühlers und dessen Einbau in den Kryostaten. Der Pulsrohrkühler und dessen Komponenten sind nur mit den hier maßgeblichen Komponenten sind dargestellt.

Der zweistufige Kühler besteht aus dem Regenerator 21 mit der Verbindungsleitung 35 zu einem nicht dargestellten Kompressor, der den pulsierenden Gasstrom liefert. Der Druck variiert typischerweise zwischen etwa 10 bar und 25 bar. Am anderen Ende des Regenerators 21 wird der Gasstrom aufgeteilt, so dass ein erster Teilstrom durch den ersten Wärmeübertrager 25 dem ersten Pulsrohr 23 zugeführt wird. An dessen gegenüberliegendem Ende wird ein zweiter Gastrom über den Anschluss 34 zugeführt. Bei geeignet eingestellten Größen und zeitlichem Versatz dieser Gasströme kommt es im Bereich des Wärmeübertragers 25 zu einer Kühlwirkung. Mit dieser Kälteleistung wird der Strahlungsschirm 4 auf ein erstes Temperaturniveau, das bereits beträchtlich unter der Umgebungstemperatur liegt, abgekühlt. Zur thermischen Ankopplung des Strahlungsschirms 4 an die Stelle der Kälteerzeugung ist der Wärmeübertrager 26 in eine gut wärmeleitende Struktur, der sogenannten ersten Kaltfläche 26, eingebaut. An der dem am Halsrohr 8 angebrachten Wärmeübertragungsring 10 zugewandten Seite ist die erste Kaltfläche 26 mit einer zirkumferalen verzahnten Struktur, und der Wärmeübertragungsring 10 ist mit einer komplementären Struktur versehen. Diese Zahnstruktur ist konstruktiv so gestaltet, dass sich an den in der Figur vertikal verlaufenden Grenzflächen zwischen der Kaltfläche 26 und dem Wärmeübertragungsring 10 ein sehr enger Spalt, der mit dem in dem Behälter 2 verdampfenden Gas gefüllt ist, ausbildet. Andererseits ist die Verzahnung aber so zu gestalten, dass in vertikaler Richtung eine Verschiebung möglich ist. Durch diese Maßnahme wird einerseits eine gute thermische Ankopplung bewirkt, andererseits kann eine Verschiebung, wie sie zum Beispiel durch Unterschiede in den thermischen Kontraktionen auftritt, erfolgen, und es

ist möglich, bei Bedarf den Kaltkopf ohne ein Aufwärmen des Kryostaten aus- und einzubauen.

Der zweite Teilstrom des aus dem ersten Regenerator 21 mit einer Zwischentemperatur austretenden Gases wird zu dem zweiten Regenerator 22 geführt und von dort über den zweiten Wärmeübertrager 27 in des zweites Pulsrohr 24 geleitet, dem am oberen Ende über den Anschluss 36 ebenfalls ein pulsierender Gasstrom zugeführt wird. Dadurch kommt es im Bereich des zweiten Wärmeübertragers 27 zu einer weiteren Temperaturabsenkung. Es ist Stand der Technik, derartige Kühler so zu gestalten, dass an der ersten Stufe eine erste Kälteleistung im Temperaturbereich zwischen 30 K und 100 K und an der zweiten Stufe eine zweite, zwar recht geringe Kälteleistung im Bereich von Temperaturen, die für die Kondensation von Helium, nämlich kleiner als 5 K, verfügbar ist. Wenn der zweite Wärmeübertrager 27 in die zweite Kaltfläche 28, eine ebenfalls gut wärmeleitende Struktur mit großer Oberfläche auf der Seite des verdampfenden Heliums, eingebettet ist, kann das im Behälter 2 abdampfende Helium dort kondensieren und zu dem darunter liegenden Bad zurückfließen.

Aufgrund der Betriebsweise des Kühlers mit einem pulsierenden Gasstrom kommt es im Laufe eines einzelnen Arbeitszyklus auch zu geringen Temperaturschwankungen an dem Oberflächen der diesem Innendruck ausgesetzten Rohre. In den Pulsrohren 23 und 24 ist dieser Effekt besonders ausgeprägt. Mit der Temperaturänderung an der dem verdampfenden Helium zugewandten Seite ist eine lokal begrenzte Ausdehnung dieses Gases verbunden. Diese bewirkt aber eine Bewegung des Gases in dem ganzen durch die Rohre 8a und 8b gebildeten Gefäßhals. Hierdurch kommt es letztendlich zu einem unerwünschten Wärmestrom vom warmen oberen Halteflansch 33 zum Kaltgasraum 7. Hinzu kommt noch ein weiterer Effekt, der mit den unterschiedlichen Temperaturverteilungen, die sich in den Regeneratoren und den Pulsrohren

einstellen, verbunden ist. Hierdurch kann es vorkommen, dass auf gleicher Höhe unterschiedliche Temperaturen an diesen Komponenten vorliegen. Zwangsläufig wird dadurch eine Naturkonvektion, die ebenfalls mit einem schädlichen Wärmetransport verbunden ist, angeregt.

Beide Effekte werden vermieden, wenn beide Regeneratoren 21, 22 und beide Pulsrohre 23, 24 mit thermisch isolierenden Wänden 29 bis 32 ausgebildet werden. Dies kann entweder durch Ummantelung mit einer aufliegenden, schlecht wärmeleitenden Kunststoffschicht oder durch Anbringen eines evakuierten Zwischenraums der Vakuumkammer erfolgen. Die Ziffer 30 bezeichnet das den ersten Regenerator umgebende Hüllrohr, 29 das Hüllrohr des ersten Pulsrohrs, 31 das Hüllrohr des zweiten Regenerators und 32 das Hüllrohr des zweiten Pulsrohrs. Nachteilig ist, dass durch die Wand eines solchen Hüllrohrs ein zusätzlicher Wärmestrom zu dem jeweils kalten Ende hin entsteht. Zur Verringerung dieses Effektes ist es notwendig die Hüllrohre möglichst dünnwandig auszubilden. Bei zu kleiner Wandstärke besteht aber die Gefahr, dass die Rohre aufgrund der von außen wirkenden Druckbelastung einbeulen. Dem wird durch die in Abb. 2a und b skizzierten Maßnahmen entgegengewirkt. In Figur 2a ist exemplarisch für die Komponente mit dem größten Durchmesser, nämlich dem ersten Regenerator 21, dargestellt, wie das Hüllrohr 30 durch die auf dem Innenrohr 21a aufgesetzte Stützstruktur stabilisiert wird. Eine zweite Lösung ist in Figur 2b dargestellt. Hierbei ist das Hüllrohr als dünnwandiges Wellrohr ausgebildet. Wenn dessen kleine lichte Weite geringfügig größer ist als der Außendurchmesser des Innenrohrs, kann es nur zu punktförmigen Berührungen mit vernachlässigbaren Wärmebrücken kommen. Diese Hüllrohre können entweder dauerhaft abgedichtet sein, oder mit Verbindungsleitungen zum Anschluss an eine Vakuumpumpe versehen sein.

Bei normalem Betrieb nimmt das Helium-Gas innerhalb des Halsrohrs 8a, 8b eine stationäre Temperaturverteilung ohne interne Konvektion an, und die Abgasleitung 37 ist verschlossen. Nur wenn aufgrund einer Störung der Druck im Gasraum einen vorgegebenen Wert übersteigt, wird die Abgasleitung 37 z.B. über ein Überdruckventil geöffnet. Falls es für die Ausströmung einer großen Gasmenge erforderlich ist, kann der Körper 26 der ersten Kaltfläche mit Bohrungen, die ein leichteres Ausströmen des Gases von dem unteren Halsteil mit der Umwandlung 8b in den Teil mit der Umwandlung 8a ermöglicht, versehen werden.

In Figur 3 ist der Gifford-McMahon-Kühler für Helium-Rückverflüssigung in seinen hier wichtigen Komponenten schematisch dargestellt, und zwar die analoge Lösung für den Einsatz eines zweistufigen Gifford-McMahon-Kühlers. Die erste Stufe ist durch kreiszylindrische Struktur 41 ausgebildet. Ihre untere Stirnfläche bildet die erste Kaltfläche 26. Der daran ange-setzt zweite Zylinder 43 mit kleinerem Durchmesser bildet die zweite Stufe. Durch die Druckpulsation im Inneren dieser Zylinder 41, 43 und durch die dort erfolgende Bewegung der Regeneratoren, kommt es auch zu Temperaturschwankungen an den Außenwänden. Zur Vermeidung der dadurch verursachten unerwünschten Wärmeströme, ist es angebracht, die Mantelflächen beider Zylinder thermisch zu isolieren. In der Darstellung ist die Lösung mit einer Wellrohr-Ummantelung 42, 44 dargestellt. Die anderen, oben besprochenen Lösungen können beim Gifford-McMahon-Kühler ebenfalls angewandt werden.

Bezugszeichenliste

- 1 Kryobehälter, Helium-Kryostat
- 2 Innenbehälter
- 3 Gefäßwand
- 4 Strahlungsschirm
- 5 Magnetspule
- 6a Stromzuführung
- 6b Stromzuführung
- 7 Niveau
- 8 Halsrohr
- 9 Anschlußflansch
- 10 Kontaktierungsring, Wärmeübertragungsring
  
- 20 Pulsrohrkühler
- 21 Regenerator
- 22 Regenerator
- 23 Pulsrohr
- 24 Pulsrohr
- 25 Wärmeübertrager
- 26 Kaltfläche
- 27 Wärmeübertrager
- 28 Kaltfläche
- 29 Hüllrohr
- 30 Hüllrohr
- 31 Hüllrohr
- 32 Hüllrohr
- 33 Flanschdeckel
- 34 Gasleitung
- 35 Gasleitung
- 36 Gasleitung
- 37 Abgasleitung
- 37a Abgasleitung
- 37b Abgasdurchgang



- 40 Gifford-McMahon-Kühler
- 41 Struktur
- 42 Wellrohr-Ummantelung
- 43 Zylinder
- 44 Wellrohr-Ummantelung

Patentansprüche:

1. Einrichtung zur Rekondensation von tiefsiedenden Gasen mit einem Kryogenerator des aus einem Flüssiggas-Behälter verdampfenden Gases, bestehend aus:
  - einer entweder einstufigen Kühleinrichtung, dem Kaltkopf, in einem Rohr (8), dem Halsrohr (8), die von der Öffnung/dem Anschlussflansch (9) des Gefäßes (3) der Einrichtung her zum Flüssiggas-Behälter (2) der Einrichtung ragt, mit einer Kaltfläche (28), die mit ihrer exponierten Fläche in den kalten Dampfraum des Flüssiggas-Behälters (2) ragt, wobei die Kühleinrichtung, der Kaltkopf, aus einem Regenerator (21) und einem Pulsrohr (23) mit dazwischen liegendem Wärmeübertrager (25) besteht, und der Wärmeübertrager (25) in der Kaltfläche (26) gefasst ist, die Komponenten: Regenerator (21), Pulsrohr (23) der Kühleinrichtung mit je einem thermisch isolierenden Mantel/Hitzeschild (20, 30, 31, 32) ummantelt sind,
  - oder einer mindestens zweistufigen Kühleinrichtung in dem Halsrohr (8) von der Öffnung/Anschlussflansch (9) eines Gefäßes (3) zum Flüssiggas-Behälter (2) mit je einer Kaltfläche (26) bzw. (28), die ein- und ausgebaut werden können, ohne das zu versorgende Flüssiggas-Bad aufzuwärmen, wobei jede Stufe der Kühleinrichtung aus einem Regenerator (21) bzw. (22) und einem Pulsrohr (23) bzw. (24) mit dazwischen liegendem Wärmeübertrager (25) bzw. (27) besteht, und jeder Wärmeübertrager in je einen Kaltfläche (26) bzw. (28) gefasst ist, die Kaltfläche (28) der zweiten/letzten Stufe mit ihrer exponierten Fläche in den kalten Dampfraum des Flüssigheilmbehälters (2) ragt, die Komponenten: Regenerator (21) bzw. (22), Pulsrohr

(23) bzw. (24) der jeweiligen Stufe der Kälteeinrichtung mit je einem thermisch isolierenden Mantel/Hitzeschild (20, 30, 31, 32) ummantelt sind, sämtliche Kaltflächen (26) außer der letzten Kaltfläche (28) stehen in Richtung der folgenden Stufe koaxial je einem Wärmeübertragungsring (10) gegenüber, die an der entsprechenden Stelle im Halsrohr (8) gut wärmeleitend angebracht sind, und die jeweilige Kaltfläche (28) greift, axial beweglich, unter äquidistanter Spaltbildung um den Umfang in den zugeordneten Wärmeübertragungsring (10), ohne diesen zu berühren, so dass ein gasdurchgängiger Kanal vom Dampfraum über dem Flüssiggas-Bad bis zum Anfang der ersten Kühlstufe besteht und der mindestens zweistufige, in das Halsrohr (8) ragende Kaltkopf, der an einem Flanschdeckel (33) verankert ist, der wiederum mit einem Anschlussflansch (9) der Gefäßwand (3) verschraubt ist, axiale thermische Ausdehnungen, ohne anzustoßen, ausführen kann.

2. Einrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der jeweilige thermisch isolierende Mantel/Hitzeschild (20, 30, 31, 32) aus einer die Wärme schlecht leitenden Schicht besteht.
3. Einrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der jeweilige thermisch isolierende Mantel/Hitzeschild (20, 30, 31, 32) aus einer von Stirnseite zu Stirnseite durchgehenden Vakuumkammer besteht, deren Außenwand mit einem dünnwandigen zylindrischen Rohr gebildet wird, das durch Formung oder Stützung so steif bleibt, dass der Außendruck dieselbe nicht oder zumindest nicht großflächig an die Innenwand drücken kann.

4. Einrichtung nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet,  
dass die Rohre (20, 30, 31, 32) über eine schlecht wärmeleitende Stützeinrichtung oder Stützeinrichtungen, die sie jeweils ummanteln, gehalten werden.
5. Einrichtung nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet,  
dass die Stützeinrichtung eine helixförmig um die Komponente von oben bis unten oder umgekehrt gewundene Schnur ist.
6. Einrichtung nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet,  
dass die Stützeinrichtungen helixförmig um die Komponente, nicht durchgehend von oben bis unten oder umgekehrt und sich auch gegenseitig nicht berührend, gewundene Schnüre sind.
7. Einrichtung nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet,  
dass der jeweilige thermisch isolierende Mantel/Hitzeschild (20, 30, 31, 32) ein dünnwandiges Wellrohr ist Rohr ist, dessen kleine lichte Weite geringfügig größer ist als die zu umgebende Komponente, so dass es zu punktartigen, lokal allenfalls kurzen linienförmigen Berührungen kommt.
8. Einrichtung nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet,  
dass der jeweilige thermisch isolierende Mantel/Hitzeschild (20, 30, 31, 32) ein dünnwandiges, mit Sicken oder linienförmigen Verstärkungen versehenes Rohr ist, das punktartig oder allenfalls lokal kurz linienförmig anliegen kann.
9. Einrichtung nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet,  
dass der jeweilige thermisch isolierende Mantel/Hitzeschild (20, 30, 31, 32) ein dünnwandiges Wellrohr ist Rohr ist, dessen kleine lichte Weite geringfügig größer ist als die umgebende Komponente, und dieses Rohr über schlecht wärmeleitende, helikal oder axial auf der Komponente angebrachte Stabelemente zu dieser mit Durchgang über die Länge auf Distanzgehalten wird.

10. Einrichtung nach einem der vorangehenden Ansprüche,  
dadurch gekennzeichnet,  
dass in jeder Kaltfläche (26) mindestens eine Bohrung (37a)  
besteht, im Falle von mindestens zwei: um den Umfang gleich-  
verteilte Bohrungen (37a) bestehen, die eine Gasströmung er-  
leichtern.

1/4

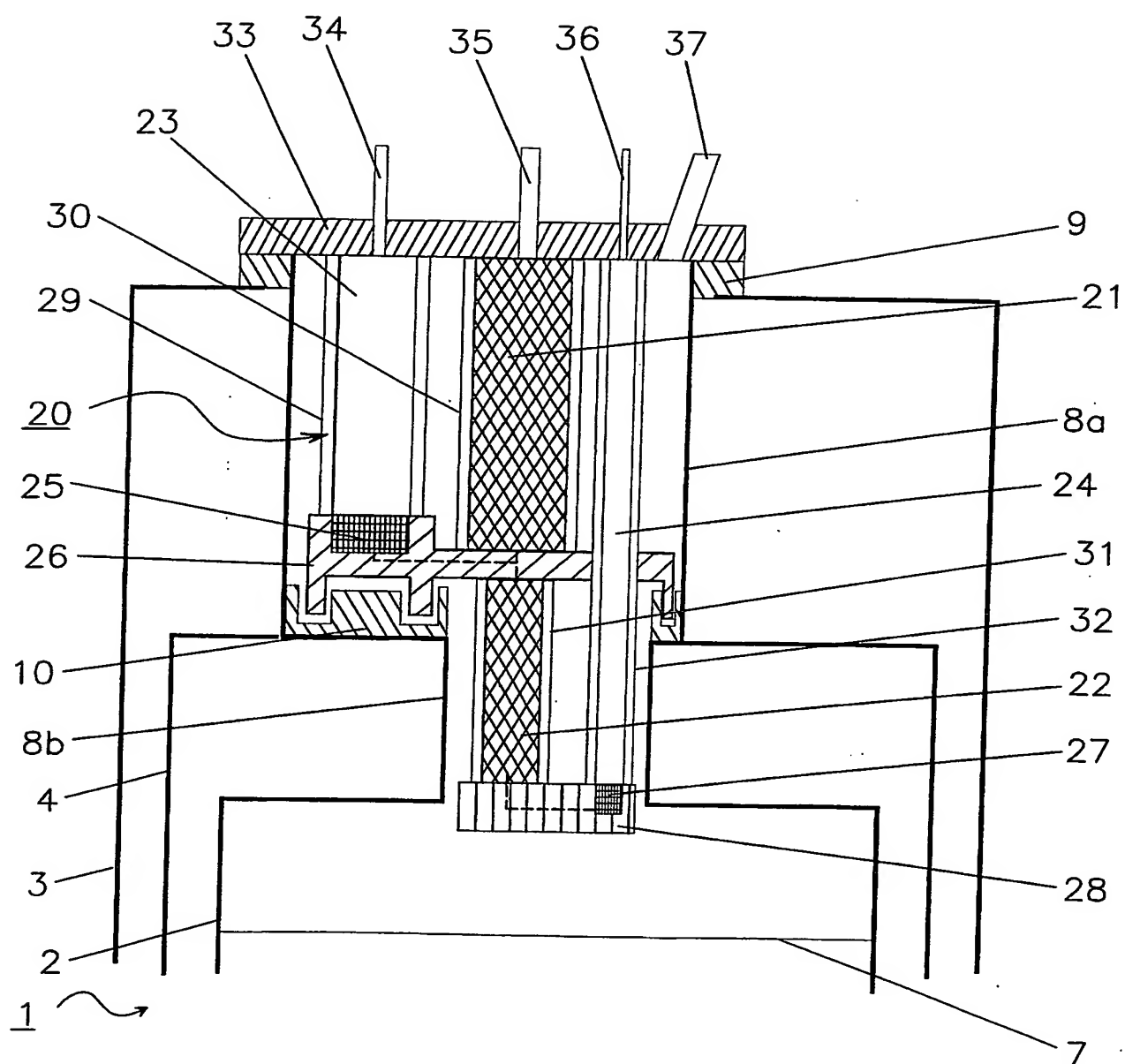


Fig. 1

2/4

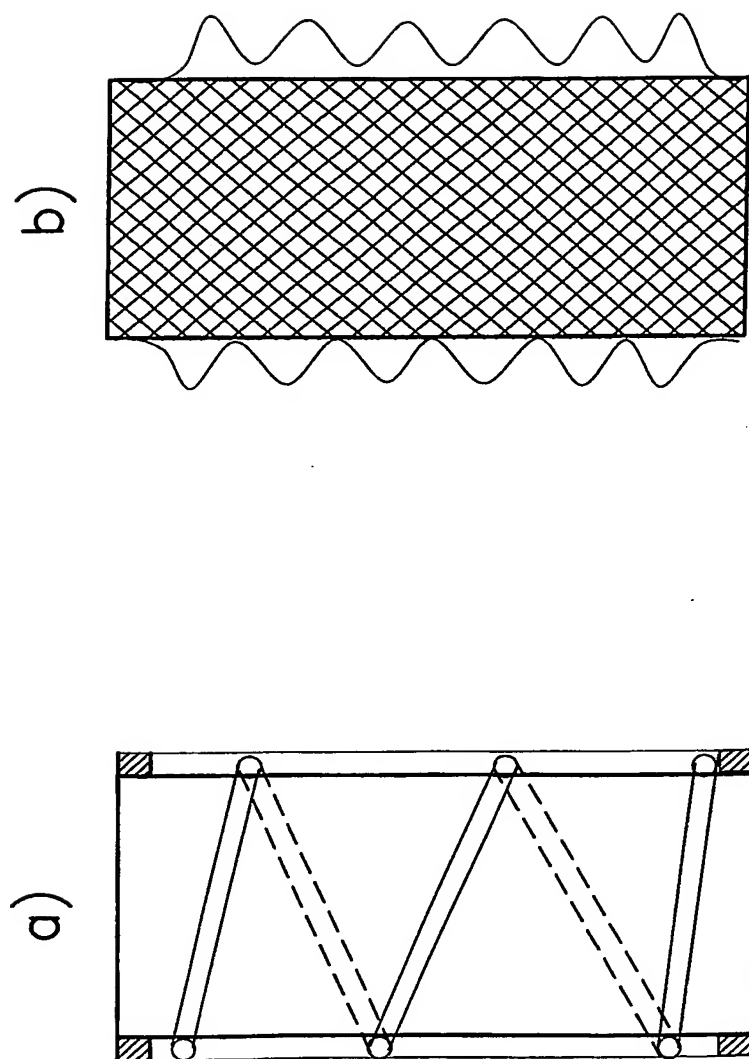


Fig. 2

3/4

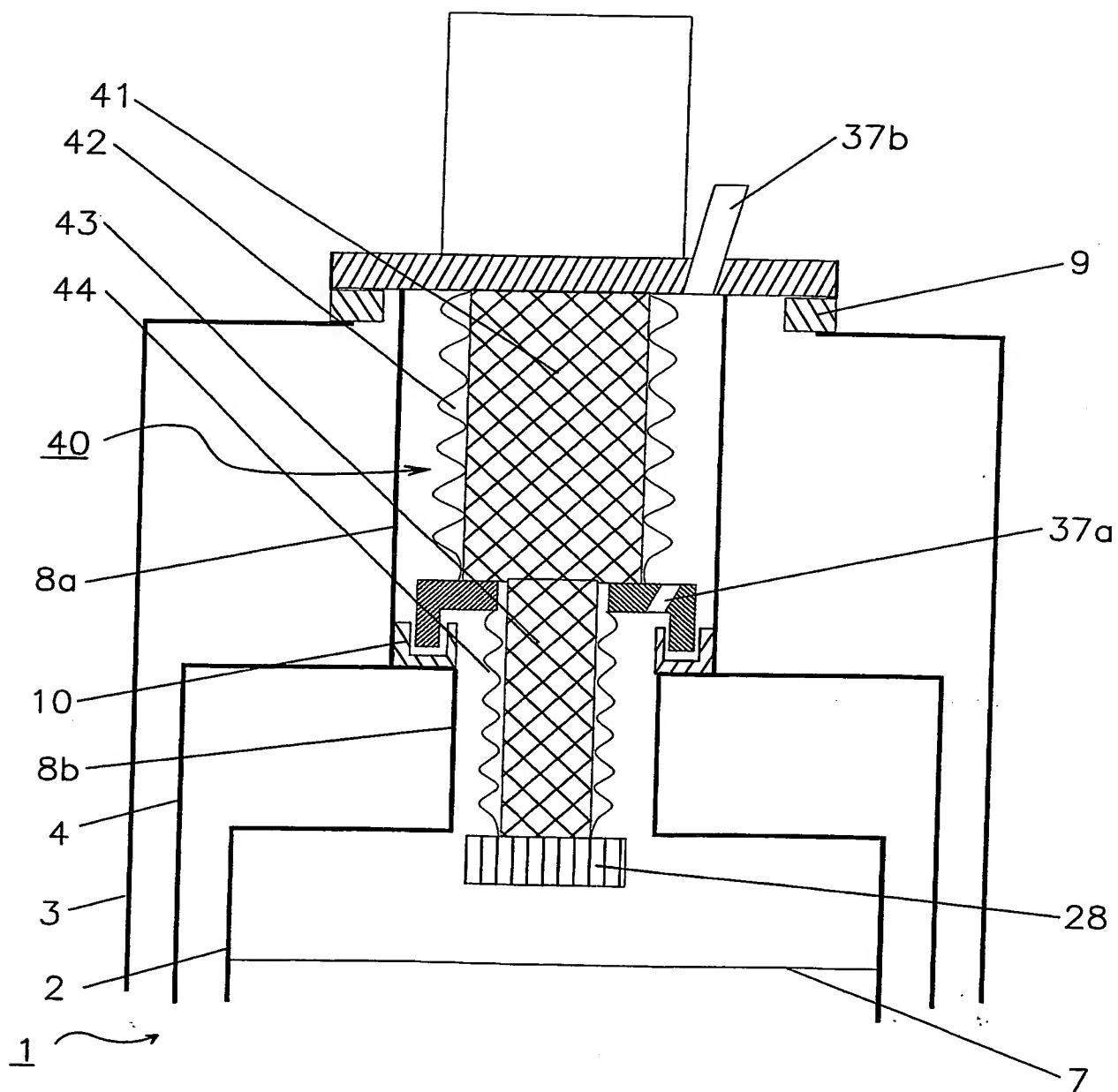


Fig. 3



4/4

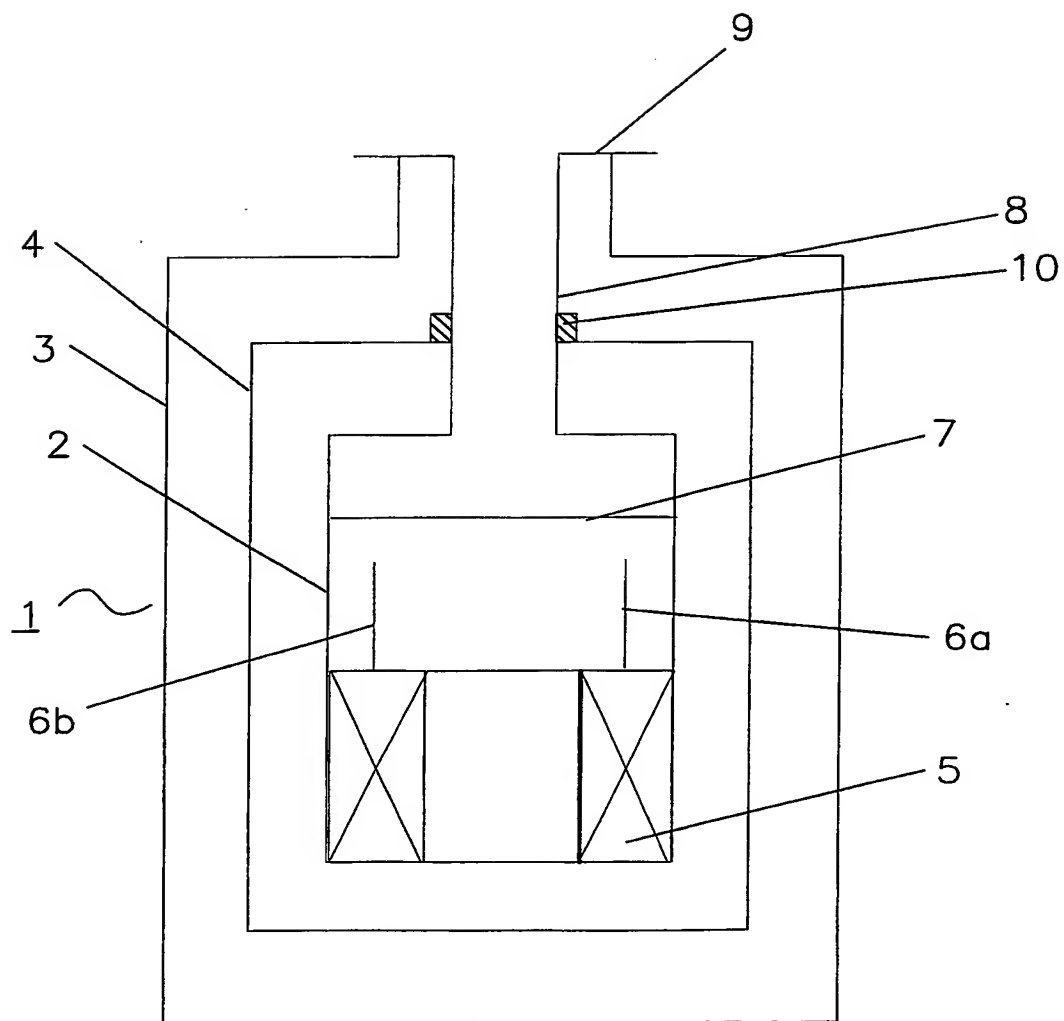


Fig. 4

THIS PAGE BLANK (USPTO)